

В интервале 0-1 происходит начальный контакт заготовки с валками и заполнение очага деформации. Промежуток времени 1-2 соответствует обжатию участка заготовки переменного диаметра перед наибольшим диаметром 181 мм. Цилиндрический участок максимального диаметра 181 мм обжимается на отрезке времени 2-3, а цилиндрическая ступень диаметром 165 мм деформируется на отрезке 4-5. На этих участках диаметр исходной заготовки постоянен, и процесс можно рассматривать, как псевдо стационарный. Промежуточный интервал 3-4 между ними является зоной нестационарного перехода и характеризуется плавно падающими нагрузками. Освобождению очага деформации соответствует крайний интервал 5-6.

Полученные диаграммы свидетельствуют о стабильности процесса прокатки ступенчатой заготовки с наибольшими перепадами диаметров. Отсутствуют как ударные нагрузки, так и резкие падения усилия, момента и мощности. В явном виде установлено, что процесс РСП имеет способность сглаживать влияние резких перепадов диаметров на зависимость энергосиловых параметров от времени.

Литература

1. Гамин Ю.В., Романцев Б.А. Особенности процесса прошивки коротких заготовок малого диаметра на мини-стане винтовой прокатки // Производство проката. 2015. – № 11. – С. 25–31.
2. Stefanik A., Morel A., Mroz, S., Szota P. «Theoretical and experimental analysis of aluminium bars rolling process in three-high skew rolling mill» Archives of Metallurgy and Materials. Vol. 60, Issue 2, 2015. Pp 809-813.
3. Galkin, S.P., Romantsev, B.A., Kharitonov, E.A. Putting into practice innovative potential in the universal radial-shear rolling process. CIS Iron and Steel Review 2014(9), с. 35-39.
4. Galkin, S.P. Trajectory of deformed metal as basis for controlling the radial-shift and screw rolling (2004) Stal' (7), pp. 63-66.

УДК 621.771.014.2

ПАРАМЕТРЫ НЕЙТРАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКЕ КРЕМНИСТОЙ СТАЛИ

Пузанов М.П., Логинов Ю.Н.

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
puzanovmp@ya.ru*

Изменение формы нейтрального сечения при различных коэффициентах контактного трения во время холодной прокатки отслеживали при помощи моделирования методом конечных элементов (МКЭ), для

чего использовали программный пакет «DEFORM 3D». Было поставлено пять задач, в которых моделировали процесс продольной прокатки листа с различными значениями коэффициента трения. Для задания условий контактного трения использовали закон трения Амонтона-Кулона.

В задачах № 1 и 2 моделировали условия холодной прокатки в стабильном скоростном режиме с различной смазкой, для задачи № 1 приняли $\mu = 0,06$ (пальмовое масло), для задачи № 2 $\mu = 0,11$ (масло индустриальное 20). В задаче № 3 моделировали прокатку на заправочной скорости, величину коэффициента трения установили $\mu = 0,15$. В задачах № 4 и № 5 моделировали прокатку в сухих валках при $\mu = 0,22$, для задачи № 5 $\mu = 0,27$. Твердотельные модели валков и заготовки создавали при помощи программы «КОМПАС 3D». Деформирующий инструмент – идеально жёсткие валки диаметром $D = 70$ мм с цилиндрической профилировкой. Начальная толщина заготовки $h_0 = 0,50$ мм, начальная ширина $B_0 = 30$ мм, деформируемая среда – упругопластическая. В качестве материала полосы была выбрана кремнистая (трансформаторная) сталь, содержащая 3,0-3,2 % (масс.) Si. Выбор диаметра валков и материала обоснован реальными условиями производства этого вида стали [1]. Ширина проката искусственно занижена для уменьшения количества конечных элементов, участвующих в расчете.

В заготовке была создана сетка из тетрагональных конечных элементов, общее количество элементов равнялось 79728. Прокатка велась за один проход на толщину $h_1 = 0,275$ мм с относительным обжатием $\varepsilon = 45$ %. Процесс прокатки моделировали без натяжения, чтобы оценить влияние коэффициента трения. Для решения использовали метод Ньютона-Рафсона. На рисунке показан один из вариантов решения применительно к распределению касательного напряжения.

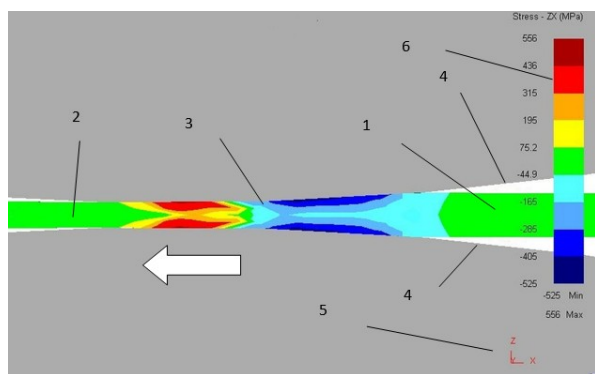


Рис. 1. Поле напряжений σ_{zx} в продольном сечении полосы: 1 – заготовка; 2 – прокатанная полоса; 3 – очаг деформации; 4 – поверхность валков; 5 – система координат; 6 – цветовой ключ; белая стрелка – направление прокатки

Выявлено, что нейтральное сечение в очаге деформации при холодной тонколистовой прокатке не является плоским, с ростом величины коэффициента трения происходит увеличение величины изгиба нейтрального сечения в сторону входа полосы в валки по экспоненциальному закону.

В диапазоне значений коэффициента трения, реализуемого при различных условиях холодной прокатки кремнистой стали на действующих прокатных станах ($\mu = 0,06 \dots 0,15$) использование гипотезы плоских сечений при расчёте давления прокатки даёт существенно заниженный результат, величина отклонения составляет 23-25 %. Более подробно результаты расчета изложены в статье [2].

Литература

1. Логинов Ю.Н., Пузанов М.П., Соловей В.Д. Силовой и скоростной режимы холодной прокатки трансформаторной стали. Сталь. 2017. № 8. С. 30-33.
2. Логинов Ю.Н., Пузанов М.П. Влияние формы нейтрального сечения в очаге деформации на расчетное давление при холодной прокатке. Сталь. 2016. № 11. С. 36-40.

УДК 621.73.043

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПЛОСКОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ОСАДКЕ

Тишук Л.И., Соломонов К.Н., Орлов В.В.

*Филиал ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Воронеж, Россия
liudmila.tishchuk@mail.ru*

Разработки, связанные с созданием удобного инструмента для моделирования формоизменения плоских заготовок, служащих базой для изготовления поковок, в том числе и с ребрами жесткости, в процессахковки и объемной штамповки, проводятся на протяжении конца прошлого и начала этого века достаточно интенсивно [1-4]. При этом приходится решать ряд частных задач, являющихся звеньями при создании общей методики.

С целью определения влияния начальной толщины плоской заготовки на ее формоизменение были проведены теоретический анализ и лабораторные эксперименты по исследованию изменения формы и размеров поперечного сечения образца в ходе осадки.

Предполагалось, что площадь деформируемой заготовки зависит только от степени деформации. Тогда при одинаковой степени деформации